

Az istállótrágya és a műtrágya hatását összehasonlító martonvásári tartam- kísérletek 12 éves eredményei

BALLA ALAJOSNÉ

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete,
Budapest*

Az istállótrágya és a műtrágya hatásának összehasonlító vizsgálatával számos igen régi tartamkísérlet foglalkozik az egész világon, de az utóbbi évtizedekben is sok hasonló jellegű kísérletet végeztek, ez utóbbiakat már modern szemlélettel, és ennek megfelelő felépítéssel és feldolgozással. E kísérletek ismertetésére e helyen nem térünk ki, mivel azokat már részletesen feldolgoztuk [4, 7].

Mint már több közleményben beszámoltunk róla, saját kísérleteink is folynak Martonvásáron a különböző szervesanyagok és a műtrágyák hatásának összehasonlítására [1, 2, 3]. E kísérletek 1957, 1958, illetve 1959 években indultak, így 1968, 1969, illetve 1970-ben már három trágyázási ciklusuk fejeződött be. E kísérletek három sorozatának, a 2.21, 2.22 és 2.23 számokkal jelzett kísérleteknek 12 éves eredményeiről számol be a jelen közlemény.

A kísérleti terület talajviszonyait Szűcs [8] írta le részletesen, a legjellemzőbb talajvizsgálati adatok előző dolgozatainkban is szerepelnek [1, 2, 3]. A három kísérlet talaja közel semleges vályog, pH-ja átlagosan 7,2, ARANY-féle kötöttségi száma 40, hy 2,6 és CaCO_3 -tartalma 1% körül van. A humuszréteg vastagsága 30–50 cm, összes nitrogéntartalma 0,14%, összes P_2O_5 -tartalma 0,13% és összes K_2O -tartalma 1% körüli; humusztartalma 2,5–3%. Az eredeti talaj foszforban szegény, felvehető káliumban pedig közepes ellátottságú, EGNER—RIEHM P_2O_5 -tartalma 3–4 mg/100 g talaj, NEHRING K_2O tartalma pedig 16–17 mg/100 g talaj volt a kísérletek beállításakor.

A kísérletek elrendezése és növényi sorrendje egyezik SARKADI és BÁNÓ [5] ugyanezen a területen beállított, hasonló jellegű kísérleteiével. Az elrendezés latin négyzet, a parcellák nagysága 100 m².

A kísérleti növények a következők voltak: az első négy évben egy négyes forgó (növényei: kukorica, tavaszi kalászos, szálastakarmány és őszi búza), majd a 2.21 és 2.22 kísérletekben 4 éven át kukorica, utána 4 éven át búza lett vetve. A 2.23 kísérletben az ötödik évtől kezdve két év kukorica és két év búza váltakozott 8 éven keresztül. A termesztett búza fajta minden esetben BEZOSZTÁJA 1, a kukorica különböző martonvásári hibrid fajta volt.

A kísérletek történeti áttekintése céljából meg kell említeni, hogy a kezelése az első négy évben nem voltak azonosak az 5–12 évi kezelésekkal. Az első ciklusban ugyanis a 2. kezelésben 280 q/ha istállótrágyát adtunk és azt műtrágyával egészítettük ki. Az 5–12 évben az istállótrágya adagot 600 q/ha-ra emeltük és ez a kezelés műtrágyát nem kapott. A 3. kezelés 300 q/ha istálló-

1. táblázat

Terméseredmények a trágyázási ciklusok évi átlagában

(1) A kísérlet jelle és a kezelések	(2) I. Ciklus			(3) II. Ciklus			(4) III. Ciklus		
	q/ha	D	%	q/ha	D	%	q/ha	D	%
	G.E.			szemtermés 86%-os száraz- anyagra vonat- koztatva			szemtermés 86%-os száraz- anyagra vonat- koztatva		
2.21 kísérlet									
1. Ø	34,6	—	100	37,0	—	100	23,0	—	100
2. Istállótrágya	42,0	7,4	121	54,6	17,6	148	38,2	15,2	166
3. ½ istálló- + ½ műtrágya	42,9	8,3	124	54,2	17,2	146	42,9	19,9	187
4. Műtrágya	43,7	9,1	126	55,1	18,1	149	46,1	23,1	200
2.22 kísérlet									
1. Ø	36,8	—	100	41,3	—	100	23,9	—	100
2. Istállótrágya	49,8	13,0	135	52,6	11,3	127	40,7	16,8	170
3. ½ istálló- + ½ műtrágya	53,0	16,2	144	62,2	20,9	150	44,5	20,6	186
4. Műtrágya	54,5	17,7	148	66,3	25,0	161	47,0	23,1	197
2.23 kísérlet									
1. Ø	30,7	—	100	31,8	—	100	34,3	—	100
2. Istállótrágya	41,2	10,5	134	45,1	13,3	142	46,2	11,9	135
3. ½ istálló- + ½ műtrágya	45,0	14,3	147	50,9	19,1	160	50,8	16,5	148
4. Műtrágya	47,5	16,8	155	53,5	21,7	168	53,3	19,0	155

trágyát és 300 q istállótrágya hatóanyag tartalmának megfelelő műtrágyát, a 4. kezelés pedig 600 q istállótrágya hatóanyag-tartalmának megfelelő mennyiségű műtrágyát kapott. A 2. kezelésben az 1–4 években adott műtrágya mennyisége a 12 év alatt összesen adott tápanyagok mennyiségének csupán 6,8–9,5%-át teszi ki (a 2.21 kísérletben 6,5%, a 2.22 kísérletben 9,1% és a 2.23 kísérletben 9,5%, évi átlagban sorrendben 18,3, 24,6 illetve 24,9 kg/ha összes hatóanyag). Ezért a kezelések jelölésénél már nem vették tekintetbe ezt az összes istállótrágya tápanyag-mennyiségéhez viszonyítva elhanyagolható műtrágya tápanyag-mennyiséget és a 2. kezelést mint *istállótrágya* kezelést jelöltem. Ugyanez vonatkozik a 3. kezelés istállótrágya és műtrágya-hatóanyag arányára is.

Az itt közölt kezeléseken tehát istállótrágya és műtrágya (pétisó, szuperfoszfát és kálisó) alakjában azonos mennyiségű nitrogént és foszfort adtunk. Minthogy az istállótrágyában meghatározott a tápanyagok mennyisége és aránya, a műtrágyával adott nitrogén- és foszformennyiségeket az azonos kísérletben és kísérleti időszakban adott istállótrágya nitrogén- és foszformennyisége határozta meg. Mivel azonban az istállótrágya igen sok káliumot tartalmazott, és kísérleti talajunk káliummellátottsága elég jó, a műtrágyával fölöslegesen tartottuk ilyen nagy mennyiségű káliumot adni, így a műtrágyás kezelések valamivel kevesebb káliumot kaptak, mint az istállótrágyás kezelések. Az adott trágyahatóanyag-mennyiségek a 3. táblázatban láthatók.

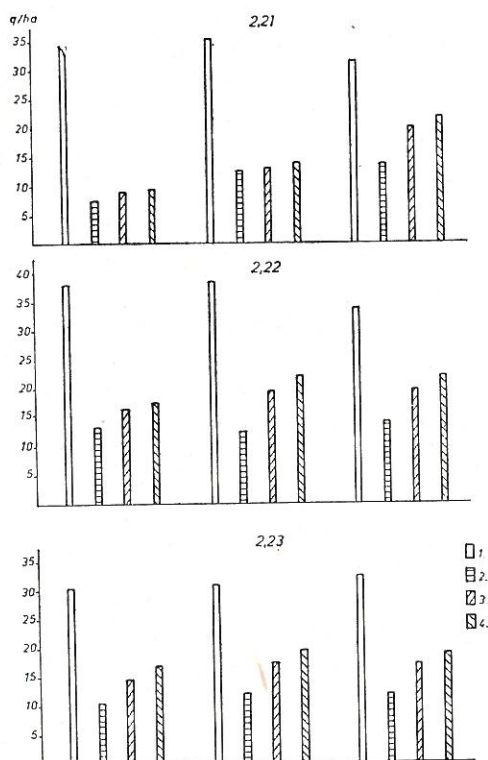
2. táblázat

Terméseredmények 12 év átlagában
(szemtermés q/ha, 86%-os szárazanyagra vonatkoztatva)

(1) Kezelés	2.21	2.22	2.23	(2) Átlag	(3) D	%
1. Ø	31,5	33,8	32,2	32,5	—	100
2. Istállótrágya	45,0	47,7	44,2	45,6	13,1	140,3
3. 1/2 istálló- + 1/2 műtrágya	46,6	53,2	48,9	49,6	17,1	152,6
4. Műtrágya	48,3	55,9	51,4	51,9	19,4	159,6

A kísérletek első 4 évének eredményeiről már több közleményben részletesen beszámoltunk [1, 2], az első 8 éves eredmények részben szintén megjelentek már nyomtatásban [3]. Ezért a termésadatokat nem ismertetjük évenként részletezve, csak ciklusonként összesítve.

A 12 éves termésadatok forgókra lebontva és összesítve az 1. és 2. táblázatban láthatók. A második és a harmadik ciklus termését 86% szárazanyag-tartalmú szemtermésben adtuk meg, mint azt a fejléc mutatja. Az első ciklus



1. ábra

Terméstöbbség q/ha, évi átlag. 1. Kontroll. 2. Istállótrágya. 3. 1/2 istállótrágya + 1/2 műtrágya. 4. Műtrágya

3a. táblázat

A martonvásári 2.21, 2.22 és 2.23 kísérletekben a trágyában adott és a terméssel kivont tápanyagok mennyisége (mérleg) 12 év alatt, évi átlagban (kg/ha)

(1) Kezelések	2.21 1957-68			2.22 1958-69			2.23 1959-70		
	(2) adott	(3) kivont	(4) egyen- leg	(2) adott	(3) kivont	(4) egyen- leg	(2) adott	(3) kivont	(4) egyen- leg
Nitrogén									
1. Ø	—	58	-58	—	60	-60	—	53	-53
2. Istállótrágya	101	95	+ 6	94	87	+ 7	99	91	+ 8
3. ½ istálló- + ½ műtrágya	100	103	- 3	94	106	-12	101	107	- 6
4. Műtrágya	102	112	-10	94	119	-25	101	115	-14
P₂O₅									
1. Ø	—	21	-21	—	25	-25	—	20	-20
2. Istállótrágya	73	35	+38	62	38	+24	67	34	+33
3. ½ istálló- + ½ műtrágya	73	37	+36	62	40	+22	65	36	+29
4. Műtrágya	73	38	+35	62	43	+19	65	38	+27
K₂O									
1. Ø	—	49	-49	—	49	-49	—	39	-39
2. Istállótrágya	93	69	+24	114	75	+39	97	68	+29
3. ½ istálló- + ½ műtrágya	89	77	+12	106	87	+19	89	77	+12
4. Műtrágya	88	82	+ 6	98	93	+ 5	81	79	+ 2

3b. táblázat

A 3. kísérlet átlaga (12 év alatt)

(1) Kezelések	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	(2) adott	(3) kivont	(4) egyen- leg	(2) adott	(3) kivont	(4) egyen- leg	(2) adott	(3) kivont	(4) egyen- leg
1. Ø	—	57	-57	—	22	-22	—	46	-46
2. Istállótrágya	98	91	+ 7	68	36	+32	101	71	+30
3. ½ istálló- + ½ műtrágya	98	105	- 7	67	38	+29	94	80	+14
4. Műtrágya	99	115	-16	67	40	+27	89	85	+ 4

termését az ebben termesztett szálastakarmány növény miatt ilyen módon nem tudtuk megadni, így az első ciklus gabonaegységre számított termése szerepel az 1. táblázatban, és a további összesítéseknél is csak ezzel az értékkel tudunk számolni. Amint a 2. táblázatból látható, a kísérlet 12 éve alatt az istállótrágya 40%-kal, évi átlagban 13 q/ha-ral, a műtrágya pedig 60%-kal, évi átlagban csaknem 20 q/ha-ral növelte a termést a trágyázatlanhoz viszonyítva.

Az 1. táblázatban a három kísérlet (2.21, 2.22 és 2.23) termésszintjének alakulása látható a három ciklus során. A 2.21 és 2.22 kísérletekben a második ciklusban (5—8 év) abszolút termésnövekedést láthatunk minden kezelésben, a harmadik ciklusban ellenben (9—12 év) a termések csökkentek. Ennek oka

4. táblázat

Az adott tápanyagok érvényesülése a martonvásári 2.21, 2.22 és 2.23 kísérletekben 12 év alatt, az adott tápanyagok %-ában kifejezve

(1) Kezelések	2.21		2.22		2.23		(2) Átlag	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<i>N</i>								
2. Istállótrágya	36	94	29	93	39	92	35	93
3. 1/2 istállótrágya + 1/2 műtrágya	44	103	49	111	54	106	49	107
4. Műtrágya	52	110	63	126	62	114	59	117
<i>P₂O₅</i>								
2. Istállótrágya	20	48	21	61	19	50	20	53
3. 1/2 istállótrágya + 1/2 műtrágya	22	51	25	65	24	56	24	57
4. Műtrágya	24	52	29	69	26	58	26	60
<i>K₂O</i>								
2. Istállótrágya	25	74	23	66	30	70	26	70
3. 1/2 istállótrágya + 1/2 műtrágya	35	86	36	83	42	86	38	85
4. Műtrágya	41	93	46	95	49	97	45	95

A különbség módszerrel számítva.

B mérleg alapján számítva.

a kísérleti növényben kereshető: mint már említettük, a 2.21 és 2.22 kísérletekben az első négyes forgót (1—4 év) 4 év kukorica (5—8 év), majd 4 év búza (9—12 év) követte, és Martonvásáron az adott viszonyok között, azonos technika és trágyázás mellett, a kukorica termése mindig meghaladja a búza termését. A trágyázatlanhoz viszonyított terméstöbblet viszont a 4, 8 és 12 év átlagában a kísérlet eddigi szakaszaiban, mint az 1. táblázatban és az 1. ábrán láthatjuk, az esetek többségében nőtt.

A 2.23 kísérletben, mely három hasonló növényssorrendet tartalmaz (nagyreszt kukorica és őszi búza), a termésszint a második és harmadik ciklusban gyakorlatilag azonos volt, és mintegy 10%-kal haladta meg az első ciklus megfelelő kezeléseinek a termésszintjét.

A 3b. táblázatban látható a tápanyagok mennyisége, melyet 12 év alatt a trágyákkal a talajba adtunk, és amennyit a növény ez idő alatt a talajból kivont. Mint a táblázatból látható, a talajból kivont nitrogén mennyisége a műtrágyás kezeléseknél több, mint amennyit a trágyával a talajba adtunk, mégpedig évi átlagban 16 illetve 7 kg-mal 1 ha-on. Az istállótrágyázott kezeléseknél viszont évi átlagban 7 kg/ha nitrogén marad a talajban. Ezek az említett értékek az egyes kísérletekben (2.21, 2.22 és 2.23) jó egyezést mutattak (lásd a 3. táblázatot).

A műtrágyás kezeléseknél kivont nitrogéntöbblet egyrészt a talaj nitrogénkészletét csökkenthette, másrészt származhatott egyéb forrásokból, mint amilyen a biológiai úton megkötött nitrogén, vagy a csapadék nitrogéntartalma. Az előbbi helyi vizsgálati adatok hiányában becsülni sem tudjuk, az utóbbira

5. táblázat

A N és P érvényesülési százaléakai a különbségek módszerével (A) számítva,
a 3 kísérletben ciklusokra bontva

(1) Ciklus	2.21		2.22		2.23		(2) Szélső értékek	
	(3) Istálló- trágya	(4) Mű- trágya	(3) Istálló- trágya	(4) Mű- trágya	(3) Istálló- trágya	(4) Mű- trágya	(3) Istállótrágya	(4) Műtrágya
a) <i>Nitrogénérvényesülés</i>								
I.	34	51	38	63	35	47	24—41	45—71
II.	39	45	24	66	41	71	(100—171)	(100—157)
III.	34	64	30	57	40	68		
b) <i>Foszforérvényesülés</i>								
I.	16	16	16	21	10	15	10—34	15—43
II.	27	32	23	35	34	43	(100—340)	(100—286)
III.	16	24	24	32	20	26		

a csapadékvizek nitrogéntartalmára vonatkozólag némi támpontot nyújtanak méréseink, melyeket az ország különböző helyein végeztünk. Ezek szerint a csapadékkal a talajba juttatott nitrogén mennyisége nem iparvidéken, a lakott helység (nagyváros) távolságától függően évi 12—34 kg/ha [4]. SARKADI [6] tápanyagmérleg-számításaiban a martonvásári viszonyokat figyelembe véve, a csapadékkal a talajba bevitt nitrogén mennyiségét évi 25 kg/ha-ra becsülte. Ezen becsült értékek nagyságrendje nem mond ellent annak, hogy a csapadékból származó nitrogén az említett mértékben növelhesse a növények nitrogénfelvételét.

A növények által felvett nitrogén mennyisége évi átlagban az istállótrágyából átlagosan 91 kg/ha, a műtrágyából 115 kg/ha volt. Ezen értékek a három kísérletben csaknem azonosak (3. táblázat).

A foszformérleg (3. táblázat) minden esetben pozitív volt, vagyis kevesebb foszfort vettek fel a trágyázott növények a talajból, mint amennyit a trágyával a talajba adtunk. Az istállótrágyából 24—38, a műtrágyából 19—35 kg/ha P_2O_5 maradt évente a talajban. A növények által felvett P_2O_5 mennyisége 34—43 kg/ha volt évi átlagban. A három kísérletben az értékek igen jól egyeztek.

A 4. táblázatban az adott tápanyagok érvényesülését láthatjuk. Az A-val jelölt érték a különbség módszerével számított érték, melyet úgy kapunk, hogy a trágyázott növények tápanyag- (N, P_2O_5 illetve K_2O) tartalmából (a 3. táblázatban a *kivont* rovatban szerepel) levonjuk a trágyázatlan növények tápanyagtartalmát; a kapott különbség a trágyázás hatására felvett tápanyag-mennyiség. Ezt fejezzük ki az adott tápanyagmennyiség %-ában, és az így kapott százalékot nevezzük a különbségmódszerrel számított érvényesülési százaléknak. A táblázatban B-vel jelölt érték a mérleg alapján számított érvényesülés. Ezt úgy kapjuk, hogy a kivont tápanyag mennyiségét az adott tápanyag mennyiségének százalékában fejezzük ki.

Ha a tápanyagok ilyen módon számított érvényesülését nézzük a 12 kísérleti év átlagában (4. táblázat), az egyes kísérletek megfelelő értékeinek igen jó egyezését láthatjuk. A nitrogén az istállótrágyából 29—39 illetve 92—94 %-

6. táblázat

A foszfor trágyahasznosulása a N/P_2O_5 arány függvényében
az istállótrágyázás kezelésekben a 2.21, 2.22 és 2.23 kísérletekben

(1) A kísérlet jele és ciklusa	(2) Adott N	(3) Adott P_2O_5	(4) Adott N/P_2O_5	(5) Kivont P_2O_5	(6) D Adott – kivont P_2O_5	(7) Foszforérvényesülés %	
						A	B
2.23							
I.	59	60	0,98	32	28	16	53
II.	126	55	2,30	35	20	27	64
III.	119	103	1,16	36	67	16	35
2.22							
I.	70	60	1,17	33	27	16	55
II.	111	68	1,63	44	24	23	65
III.	101	59	1,71	37	22	24	63
2.23							
I.	100	80	1,25	24	56	10	30
II.	106	52	2,04	40	12	34	77
III.	92	69	1,34	36	33	20	52

ban, a műtrágyából 52–63 illetve 110–126 %-ban, a foszfor az istállótrágyából 19–21, illetve 48–61 %-ban, a műtrágyából pedig 24–29 illetve 52–69 %-ban érvényesült. (A kálium érvényesülési %-okat kiszámítottuk ugyan, de mivel nem adtunk egyenlő mennyiségét istállótrágya és műtrágya formájában, így ezeket az értékeket nem hasonlíthatjuk össze.)

A megfelelő érvényesülési százalékok a három kísérletben 12 éves átlagban jól egyeznek. Ha azonban ciklusokra lebontva vizsgáljuk a hasznosulási értékeket, mint ahogyan az 5. táblázatban látható, sokkal nagyobb ingadozásokkal találkozunk. Ennek oka különböző tényezőkben kereshető, mint pl. az adott trágya mennyisége, a kísérleti növény, melyek ciklusok szerint változtak stb., mely tényezőket itt nem kívánunk vizsgálni. Egy jelenségre azonban szeretnénk kitérni: a nitrogén és foszfor érvényesülési értékek ingadozásának különböző mértékére.

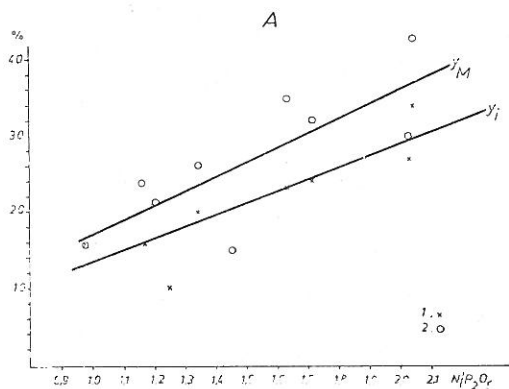
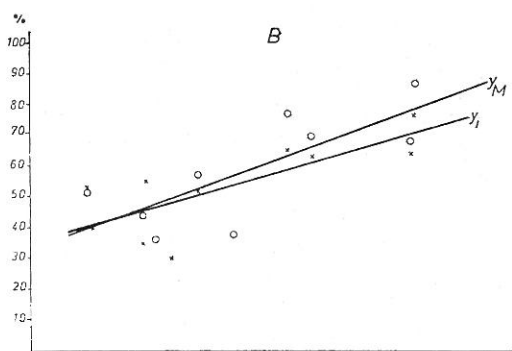
Az 5. táblázatból látható, hogy az istállótrágya nitrogénhasznosulás értéke a különbség módszerével számítva az összesen 9 ciklusban 24–41 % között változik, a legnagyobb érték a legkisebbnél 71 %-kal nagyobb. Ugyanez az érték a műtrágyára vonatkozólag 45–71 %, a legnagyobb és legkisebb érték különbsége az alsó érték %-ában kifejezve 58 %. A megfelelő foszforérvényesülési értékek az istállótrágyára vonatkoztatva 10–34 %, a két érték különbsége az alsó érték %-ában 240 %, a műtrágyára vonatkozólag pedig a foszforérvényesülés szélső értékei 15–43 %, a két érték különbsége az alsó határérték 186 %-a. A foszforérvényesülési értékek tehát sokkal nagyobb mértékben ingadoznak, mint a megfelelő nitrogénértékek, minden valószínűség szerint több tényező befolyásolja az előbbi, mint az utóbbit. A sok lehetséges tényező közül egynek, az N/P aránynak a befolyását vizsgáltuk a foszfor érvényesülésére.

A 6. és 7. táblázatban a foszfortrágya érvényesülésének százalékait (A és B értékek) tüntettük fel az adott N/P_2O_5 arány függvényében. Ugyanezt az összefüggést ábrázoltuk a 2. ábrán. Amint látható, kísérleteinkben az N/P_2O_5

7. táblázat

A foszfortrágya hasznosulása a N/P_2O_5 aránytól függően a műtrágyázás kezeléseken a 2.21, 2.22 és 2.23 kísérletekben

(1) A kísérlet jele és ciklusa	(2) Adott N	(3) Adott P_2O_5	(4) Adott N/P_2O_5	(5) Kivont P_2O_5	(6) D Adott-kivont P_2O_5	(7) Érvényesülés %	
						A	B
2.21							
I.	60	61	0,98	32	29	16	52
II.	126	55	2,29	38	17	29	69
III.	119	103	1,16	45	58	24	44
2.22							
I.	71	59	1,20	36	23	21	61
II.	111	68	1,63	52	16	35	77
III.	101	59	1,71	41	18	32	70
2.23							
I.	106	73	1,45	28	45	15	38
II.	106	52	2,05	45	7	43	87
III.	92	69	1,34	40	29	26	58



2. ábra

A foszfor érvényesülése az N/P_2O_5 arány függvényében. 1. Istállótrágya. 2. Műtrágya. A = Különbségmódszerrel számítva. $y_M = -1,0 + 18,5$ ($= y_{12}$), $r_M = 0,770$. $y_i = -3,6 + 16,4$ ($= y_{22}$), $r_i = 0,887$. B = mérleg alapján számítva. $y_M = 3,7 + 36,9$ ($= y_{11}$), $r_M = 0,775$, $y_i = 13,2 + 28$ ($= y_{21}$), $r_i = 0,739$

arány 1 : 1—1 : 0,44 vagyis 1—2,3 között változott. Megállapításaink tehát természetesen csakis erre az intervallumra érvényesek.

A regresszió analízis szerint az adott trágyák N/P_2O_5 aránya a műtrágya foszforérvényesülését (A és B értékek) 59, ill. 60%-ban befolyásolja ($r^2 = 0,59$ illetve 0,60), az istállótrágya foszfor érvényesülését pedig 79 illetve 55%-ban ($r^2 = 0,79$ illetve 0,55). A számított r értékek 3 esetben 5%-ra szignifikánsak, az istállótrágya foszforának különbségmódszerrel számított érvényesülése pedig $P = 1\%$ -os szinten.

A kapott regresszió egyenletek a következők:

$y_{11} = 3,71 + 36,9 x_1$ (A műtrágya foszformérleg szerint számított érvényesülésének (B) egyenlete)

$y_{12} = 1,03 + 18,6 x_1$ (A műtrágya foszforkülönbség módszer szerint számított érvényesülésének (A) egyenlete)

$y_{21} = 13,18 + 28,2 x_2$ (Az istállótrágya foszformérleg szerint számított érvényesülésének (B) egyenlete)

$y_{22} = -3,57 + 16,4 x_2$ (Az istállótrágya foszforkülönbség módszerével számított érvényesülésének (A) egyenlete)

ahol y_{11} , y_{12} , y_{21} és y_{22} , valamint x_1 és x_2 jelentése a 2. ábrán látható.

Kísérleteinkben tehát a foszfortrágya érvényesülését az adott tápanyag-szinten és tápanyagarány intervallumban 60—70%-ban a nitrogén/foszfor arány határozta meg, mégpedig ha ez az arány szűkebb volt, akkor a foszfor rosszabbul érvényesült, ha az arány a N javára tágabb volt, akkor a foszfor érvényesülése jobb volt. Más szóval: az általunk adott nitrogénmennyiségekhez elegendő volt 1 : 0,5 arányban adni a foszfort, ha ennél többet adtunk, akkor sem tudta azt a növény hasznosítani.

Összefoglalás

Martonvásáron, erdőmaradványos csernozjom talajon végzett 12 éves tartamkísérletek eredményeiről számol be a közlemény. A talaj semleges vályog, 2,5—3% humusztartalommal. A kísérletek beállításakor felvehető foszforban szegény, káliummal elég jól ellátott volt. A kísérletek célja az istállótrágya és a műtrágyák hatásának összehasonlítása volt. E célból a kezelésekben egyenlő mennyiségű nitrogént és foszfort adtunk istállótrágya illetve műtrágyák alakjában. A kísérleti növények — a második és harmadik évtől eltekintve — kukorica és búza voltak. 12 év alatt az istállótrágya 40%-kal, a műtrágya 60%-kal növelte a termést a kezeletlenhez viszonyítva. Ez átlag évente 13 illetve közel 20 q/ha szemtermésnek felel meg (2. táblázat). A 2.21 és 2.22 kísérletekben a második ciklusban a kísérleti növény kukorica, a harmadik ciklusban búza volt. Helyi viszonyok között a kukorica mindig nagyobb termést ad, mint a búza, ez az oka a harmadik ciklus termésszint-csökkenésének. A 2.23 kísérletben azonos kísérletben azonos kísérleti növényekkel a termésszint a második és harmadik ciklusban gyakorlatilag nem változott (1. táblázat).

A nitrogén mérleg (3. táblázat) műtrágyázás esetén negatív volt, vagyis a növények több nitrogént vettek fel, mint amennyit a trágyával adtunk. A többlet származhat biológiai megkötésből vagy a csapadékvizekből, vagy

a talaj nitrogéntartalékából. Az istállótrágya nitrogén mérlege pozitív. Ugyancsak mindig pozitív a foszfor mérleg. Évente 20–40 kg/ha P_2O_5 marad a talajban (3. táblázat).

A tápanyagok érvényesülését kétféle módszerrel számítottuk ki (4. táblázat *A.* és *B.* értékei). Az *A*-val jelölt érték a különbségmódszerrel számított érték. Ezt úgy kapjuk, hogy a trágyázott növények tápanyagtartalmából levonjuk a trágyázatlan növények tápanyagtartalmát és a kapott különbséget az adott tápanyag-mennyiség százalékában fejezzük ki. A *B*-vel jelölt érték a mérleg alapján számított érvényesülés: a kivont tápanyagok mennyiségét az adott tápanyag-mennyiségének százalékában fejezzük ki.

A foszfor érvényesülés-értékei nagymértékben ingadoznak (5. táblázat). Ennek egyik oka az eltérő N/P_2O_5 arány. Kísérleteinkben ez az arány 1–2,3 között változott. Regresszió analízissel kimutatható, hogy a foszfor trágya érvényesülését az adott tápanyag-szinten és az adott tápanyag-intervallumban 60–70%-ban a nitrogén/foszfor arány határozta meg. Ha ez az arány szűkebb volt, a foszfor rosszabbul érvényesült, tágabb arány esetén a foszfor érvényesülése nagyobb volt. Vagyis az általunk adott nitrogénmennyiségekhez elegendő volt 1 : 0,5 arányban adni a foszfort.

Irodalom

- [1] BALLA ALAJOSNÉ: Az istállótrágya és a műtrágyák hatásának összehasonlító vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Budapest. 1963.
- [2] BALLA ALAJOSNÉ: Kísérletek az istállótrágya és a műtrágyák hatásának összehasonlítására. MTA Agrártud. Oszt. Közl. XXIII. 43–57. 1964.
- [3] BALLA ALAJOSNÉ: Az istállótrágya és a műtrágyák hatásának vizsgálata különböző termőhelyeken tartamkísérletekben. Trágyázási Kísérletek 1955–64. Akad. Kiadó. Budapest. 96–130. 1967.
- [4] BALLA ALAJOSNÉ: Az istállótrágyázás és a műtrágyázás hatásának összehasonlítása a világ ismertebb tartamkísérleteiben. Agrokémia és Talajtan. 13. 385–414. 1964.
- [5] BALLA ALAJOSNÉ: Néhány adat a magyarországi csapadékvizek nitrogéntartalmához. Agrokémia és Talajtan. 20. 323–328. 1971.
- [6] SARKADI, J. & BÁNÓ, T.: Szerves- és műtrágyák hatásának vizsgálata tartamkísérletekben. Trágyázási Kísérletek 1955–64. Akad. Kiadó Budapest. 1967.
- [7] SARKADI, J.: A műtrágyaigény-bebecslési módszerek alapelvei. Doktori értekezés. Budapest. 1971.
- [8] SZÜCS, L.: A martonvásári kísérleti telep talajviszonyai. Agrokémia és Talajtan 12. 299–318. 1963.

Érkezett: 1972. június 5.

12 year Results of Long-Term Experiments Comparing the Effects of Farmyard Manure and Mineral Fertilizers, Carried out at Martonvásár

H. BALLA

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences,
Budapest

Summary

The paper reports the 12 year results of long-term field experiments carried out at Martonvásár, on a chernozem soil, with signs of an earlier forest effect. The soil,

is a neutral loam, with 2.5—3% humus content. At the beginning of the experiments, it was poor of available phosphorus, whereas contained rather high amount of available potassium. The experiments had the aim to compare the effects of farmyard manure and mineral fertilizers. Thus, equal amounts of nitrogen and phosphorus were applied in the form of farmyard manure, and mineral fertilizers. The test crops — apart from the second and third years — were maize and wheat. During the 12 years farmyard manure increased yields by 40%, and mineral fertilizers by 60%, compared to the control. This is corresponding to 1.3, and 2.0 t/ha grain, respectively. (Table 2.) In the experiments 2.21 and 2.22, in the second cycle the test plant was maize and in the third cycle wheat. Under local conditions maize always gives higher yields than wheat, this accounts for the decrease of yield-level in the third cycle.

In the 2.23 experiment, applying the same test crops, yield-levels practically did not change at all. (Table 1.)

Nitrogen balance (Table 3.) in case of application of mineral fertilizers was negative, i.e. the amount of N taken up by crops was higher than that given by the fertilizers. The excess may originate from biological fixation, from precipitations or from the nitrogen reserves of the soil. The nitrogen balance of farmyard manure is positive, and so is always that of phosphorus. Annually 20—40 kg/ha of P_2O_5 remains in the soil (Table 3.)

The utilization of nutrients was calculated by two methods (See A- and B-values in Table 4). A is the apparent recovery. It is obtained by subtracting the nutrient content of the unfertilized plants from the nutrient content of the fertilized plants, and by expressing the difference in the percentage of the amount of applied nutrient. The B-value is calculated on the basis of the nutrient balance: the amount of nutrient uptake is expressed in the percentage of the amount of applied nutrients.

These values of phosphorus are very fluctuating. (Table 5.) This is partly due to the different N/ P_2O_5 ratio. In our experiments this ratio was varying from 1 to 2.3. It can be proved by regression analysis that the efficiency of the phosphorus fertilizer, at the present nutrient level, was to 60—70% determined by the nitrogen-phosphorus ratio. If this ratio was lower, phosphorus efficiency was lower, while in case of a higher ratio, efficiency of phosphorus was higher. It means that it was sufficient to apply phosphorus in a 1 : 0.5 ratio to the given amounts of nitrogen.

Table 1. Annual average yields in the fertilizing cycles. (1) Sign of the experiments and the treatments applied: 1. None. 2. Farmyard manure. 3. 1/2 farmyard manure + 1/2 mineral fertilizers. 4. Mineral fertilizers. (2) Cycle I.: yield 0.1 t/ha, difference in grain equivalent and %. (3) Cycle II.: yield 0.1 t/ha, difference in grain yield at 86% dry matter and in %. (4) Cycle III.: yield 0.1 t/ha, difference in grain yield (at 86% dry matter) and in %.

Table 2. Yields of 12 years; annual average 0.1 t/ha, (calculated for 86% dry matter.) (1) Treatment. 1. None. 2. Farmyard manure. 3. 1/2 farmyard manure + 1/2 mineral fertilizers. 4. Mineral fertilizers.

Table 3/a. Amounts of nutrients applied with fertilizers and nutrients uptakes (balance) during 12 years in the experiment 2.21, 2.22, 2.23 at Martonvásár, kg/ha/year (1) Treatments (See Table 2.) (2) N given and (3) taken up. (4) Balance.

Table 3/b. Average figures of the 3 experiments (during 12 years). For signs see Table 3/a.

Table 4. Apparent recoveries of the applied nutrients in the experiments 2.22, and 2.23 at Martonvásár during 12 years. (1) Treatments (See Table 2.) (2) Average.

$$A = \frac{\text{extra nutrient uptake}}{\text{added nutrient}} \times 100$$

Table 5. Apparent recoveries of N and P, (A), divided into cycles of the 3 experiments. (1) Cycle, a) Apparent recovery of Nitrogen. b) Apparent recovery of phosphorus. (2) Extreme values. (3) Farmyard manure. (4) Mineral fertilizer.

Table 6. Apparent recoveries of phosphorus fertilizers as a function of N/ P_2O_5 ratio, in farmyard manure treatments, in the experiments 2.21, 2.22, 2.23. (1) Sign and cycle of the experiment. (2) Applied N. (3) Applied P_2O_5 . (4) Applied N/ P_2O_5 (5) Taken up P_2O_5 . (6) Difference of P_2O_5 applied and taken up. (7) Apparent recoveries A and B.

Table 7. Apparent recoveries of phosphorus as a function of the N/ P_2O_5 ratio, in mineral fertilizer treatments in the 2.21, 2.22, 2.23 experiments. For signs see Table 6.

Figure 1. Excess yield 0,1 to/ha, annual average. 1. None. 2. Farmyard manure. 3. 1/2 farmyard manure + 1/2 mineral fertilizers. 4. Mineral fertilizers.

Figure 2. Apparent recoveries of phosphorus as a function of the N/P₂O₅ ratio. 1. Farmyard manure. 2. Mineral fertilizers.

$$A = \frac{\text{extra nutrient uptake}}{\text{added nutrient}} \times 100$$

$$B = \frac{\text{nutrient uptake}}{\text{added nutrient}} \times 100$$

r_M = Mineral fertilizer; r_f = farmyard manure.

Resultados de experimentos comparativos del efecto del abono de establo y de fertilizantes minerales realizados en Martonvásár durante 12 años

H. BALLA

Instituto Experimental de Suelos y Agroquímica de la Academia de Ciencias de Hungría, Budapest

Resumen

Esta publicación da cuenta de los resultados de los experimentos de 12 años realizados en Martonvásár en un suelo de tipo chernozom. El suelo es un loam neutral, con 2,5—3% de humus. Al montar el experimento era pobre en fósforo y bastante rico en potasio. Los experimentos tenían el propósito de comparar el efecto del abono de establo y de los fertilizantes minerales. Con este fin aplicamos en las distintas variantes la misma cantidad de nitrógeno y de fósforo en forma de abono orgánico o fertilizantes minerales. Las plantas indicadoras eran maíz y trigo, excepto del segundo y tercer año de los experimentos.

Durante 12 años el abono de establo aumentó el rendimiento un 40 por ciento, y los fertilizantes minerales un 60 por ciento en comparación con el testigo. Eso corresponde a 1,3 y 2,0 ton/ha de semilla, respectivamente (vea tabla 2.). En los experimentos 2.21 y 2.22 en el segundo ciclo, usamos maíz como planta indicadora, y en el tercer ciclo trigo. En condiciones de los experimentos, el maíz siempre presenta un rendimiento mayor que el trigo; por esa causa se encontró el rendimiento del segundo ciclo mayor que el del tercer ciclo. En el experimento señalado 2.23, aplicandose las mismas plantas indicadoras en el segundo y tercer ciclo, el nivel del rendimiento en estos ciclos (segundo y tercero) prácticamente no se varió (vea tabla 1.).

La balanza del nitrógeno (tabla 3.), utilizando fertilizante mineral, se presentó negativo, es decir las plantas asimilaron más de nitrógeno que lo que habíamos dado con el fertilizante. El exceso puede resultar de la absorción biológica, de las aguas lluvias, o de las reservas del nitrógeno del suelo. La balanza del nitrógeno, utilizando fertilizante mineral, se presentó positiva. Así mismo, la balanza del fósforo es siempre positiva: 20—40 kg/Ha de P₂O₅ se acumulan en el suelo anualmente (tabla 3.).

La utilización de los nutrientes se calculó según dos métodos (valores *A* y *B* de la tabla 4.). El valor *A* es calculado según el método de las diferencias. Los cálculos de este método son los siguientes: la cantidad de nutrientes de las plantas del testigo la sustraímos de la cantidad de los nutrientes de las plantas fertilizadas y la diferencia la expresamos en por ciento de la cantidad del nutriente aplicado con los fertilizantes. El valor *B* es la utilización calculada a base de la balanza: la cantidad de los nutrientes asimilados por las plantas la expresamos en el por ciento de la cantidad de los nutrientes aplicados con los fertilizantes.

Los valores de la utilización del fósforo varían considerablemente. Una de las causas de ello se encuentra en la variedad de la proporción de N : P₂O₅ de los fertilizantes aplicados. Esta proporción varió de 1 a 2,3 en nuestros experimentos. Por análisis de regresión es demostrable que la utilización del fertilizante de fósforo es determinado por la proporción nitrógeno : fósforo en un 60—70 por ciento, en el nivel actual de nutrientes y en el intervalo actual de los nutrientes aplicados. Cuando esa proporción se presentó

más estrecha el fósforo se utilizó peor, y en case de una proporción más amplia la utilización del fósforo es mejor. Es decir, dando las cantidades del nitrógeno arriba mencionadas, resultó suficiente una dosis de fósforo según la proporción $N : P_2O_5 = 1 : 0,5$.

Tabla 1. Rendimiento de la cosecha, promedio anual de los ciclos de la fertilización. (1). Signo del experimento y de las variantes: 1. Testigo. 2. Abono de establo. 3. 1/2 de abono de establo y 1/2 de fertilizantes minerales. 4. Fertilizantes minerales. (2) Ciclo I.: 100 kg/Ha y diferencia en unidad cereal, y por ciento. (3) Ciclo II.: 100 kg/Ha y diferencia de grano de 86 por ciento de materia seca, y por ciento. (4) Ciclo III.: 100 kg/Ha y diferencia de grano de 86 por ciento de materia seca, y por ciento.

Tabla 2. Rendimiento de la cosecha, promedio de 12 años (cosecha de grano de 86 por ciento de materia seca). (1) Tratamientos. 1. Testigo. 2. Abono de establo 3. 1/2 de abono de establo y 1/2 de fertilizantes minerales. 4. Fertilizantes minerales.

Tabla 3a. Cantidad de nutrientes aplicados con los fertilizantes y asimilados por las plantas (balanza), presentandose en los experimentos señalados 2.21, 2.22 y 2.23 en Martonvásár, durante 12 años, promedio anual, kg/Ha. (1) Tratamientos. (2) Nutriente aplicado. (3) Asimilado. (4) Balanza.

Tabla 3b. Promedio de los dos experimentos (de 12 años). El índice lo puede ver en la tabla 3a.

Tabla 4. La „Utilización” de los nutrientes aplicados en los experimentos señalados 2.21, 2.22 y 2.23 en Martonvásár durante 12 años, expresada en el por ciento de la cantidad de los nutrientes aplicadas. (1) Tratamientos (puede ver en la tabla 2.). (2) Promedio. A = calculado con el método de las diferencias. B = calculado a base de la balanza.

Tabla 5. El por ciento de la utilización de nitrógeno y de fósforo calculado por el método de las diferencias (valor A), en los tres experimentos, descompuesto en ciclos. (1) Ciclo. *a*) Utilización del nitrógeno. *b*) Utilización del fósforo. (2) Valores extremos (máximum y minimum). (3) Abono de establo. (4) Fertilizantes minerales.

Tabla 6. La utilización del fósforo en dependencia de la proporción de nitrógeno/ P_2O_5 aplicado en los variantes con abono de establo en los experimentos 2.21, 2.22 y 2.23. (1) El signo del experimento y el ciclo. (2) Nitrógeno aplicado. (3) P_2O_5 aplicado. (4) Proporción de N/P_2O_5 . (5) P_2O_5 asimilado. (6) P_2O_5 asimilado menos aplicado, diferencia. (7) Utilización del fósforo, por ciento, valores A y B .

Tabla 7. La utilización del fósforo en dependencia de la proporción de N/P_2O_5 aplicado en las variantes con fertilizantes minerales en los experimentos 2.21, 2.22 y 2.23. El índice puede verlo en la tabla 6.

Figura 1. Exceso de la cosecha 100 kg/Ha, promedio anual. 1. Testigo. 2. Abono de establo. 3. 1/2 de abono de establo y 1/2 de fertilizantes minerales. 4. Fertilizantes minerales.

Figura 2. La utilización del fósforo en dependencia de la proporción de N/P_2O_5 . 1. Abono de establo. 2. Fertilizantes minerales. A = calculado con el método de las diferencias. B = calculado a base de la balanza. M = fertilizantes minerales. I = abono de establo.

Результаты двенадцатилетних опытов по сравнению эффективности навоза и минеральных удобрений в Мартонвашаре

Х. БАЛЛА

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

В данной работе приведены результаты двенадцатилетних опытов, заложенных в Мартонвашаре на остаточных черноземах. Почвы по механическому составу представляли собой суглинки с нейтральной реакцией среды, содержание гумуса было 2,5—3%. В момент заложения опыта почвы были бедны фосфором и средне обеспечены калием. Цель опыта состояла в сравнении эффективности навоза и минеральных удобрений. Исходя из этого варианты получили одинаковые количества азота в виде навоза и минеральных удобрений. Подопытными растениями — за исключением второго и третьего года — были кукуруза и пшеница. За двенадцать лет опыта навоз по сравнению с контролем по-

высил урожаи на 40%, а минеральные удобрения — на 60%. Средние урожаи соответствуют 13 ц/га или примерно 20 ц/га зерна (Таблица 2). В 2.21 и 2.22 опытах подопытным растением во втором цикле была кукуруза, в третьем цикле — пшеница. В условиях данной местности кукуруза всегда давала больше урожая, чем пшеница, это является причиной снижения уровня урожая в третьем цикле. В опыте 2.23 для одних и тех же подопытных растений уровень урожаев во втором и третьем циклах не изменялся (Таблица 1).

Баланс азота в случае минеральных удобрений был отрицательным (Таблица 3), то-есть, растения усвоили больше азота, чем было внесено с минеральными удобрениями. Прибавка могла происходить в результате биологического связывания, или из атмосферных вод, или из азота почвы. Баланс азота при внесении навоза был положительным. Также всегда положительным был и баланс фосфора. Каждый год в почве оставалось 20—40 кг/га P_2O_5 .

Усвоение питательных элементов рассчитали двумя методами (Таблица 4, величины А. и В.). Величина обозначенная А. является величиной вычисленной по разности. Она получается таким образом, что из содержания питательных элементов удобренных растений вычитаем содержание питательных элементов в неудобренных растениях и полученную разницу выражаем в процентах от количества данного питательного элемента. Величина обозначенная В. есть усвоение, рассчитанное на основе баланса: количество вынесенных с урожаем питательных веществ в процентах от количества данных питательных веществ.

Величины усвоения фосфора в значительной степени изменяются (Таблица 5). Одной из причин этого заключается в различии соотношений азот: фосфор. В наших опытах это соотношение изменялось в пределах 1—2,3. Регрессивным анализом можно показать, что усвоение фосфорных удобрений на данном уровне и в данном интервале питательных веществ на 60—70%-ов определяется соотношением азот: фосфор. Если это соотношение было уже, то фосфор хуже усваивался, при более широком соотношении усвоение фосфора было больше. Таким образом, к количеству данного нами азота достаточно было дать фосфор в соотношении 1 : 0,5.

Табл. 1. Среднегодовые урожаи по циклам внесения удобрений. (1) Обозначение опыта и варианты: 1. Контроль. 2. Навоз. 3. 1/2 навоза + 1/2 минеральных удобрений. 4. Минеральные удобрения. (2) I. цикл: ц/га, разница в З. Е. и %. (3) II. цикл: ц/га (урожаи зерна в пересчете на 86% сухое вещество), дифференция в З. Е. и %. (4) III. цикл: ц/га, (урожаи зерна в пересчете на 86% сухое вещество), дифференция в З. Е. и %.

Табл. 2. Урожайные данные в среднем за 12 лет (урожай зерна в ц/га в пересчете на 86% сухое вещество). (1) Варианты. 1. Без внесения удобрений. 2. Навоз. 3. 1/2 навоза + 1/2 минерального удобрения. 4. Минеральное удобрение.

Табл. 3а. Количество питательных веществ, внесенных с минеральными удобрениями и вынесенных урожаем (баланс) в мартонвашарских опытах 2.21, 2.22 и 2.23 за 12 лет, в среднем за год, кг/га. (1) Варианта. (2) Внесенное количество. (3) Вынесенное урожаем. (4) Баланс.

Табл. 3б. Средние величины из трех опытов (за 12 лет). Обозначения смотри в таблице 3а.

Табл. 4. Усвоение внесенных питательных веществ в мартонвашарских опытах 2.21, 2.22 и 2.23 за 12 лет, в % от внесенных питательных веществ. (1) Варианты (смотри в таблице 2). (2) Среднее. А = рассчитано по разности. В = рассчитано по методу баланса.

Табл. 5. Процентное усвоение азота и фосфора вычисленное по разности (А), в трех опытах по отдельным циклам. (1) Цикл. а) Усвоение азота. б) Усвоение фосфора. (2) Крайние величины. (3) Навоз. (4) Минеральное удобрение.

Табл. 6. Усвоение фосфорного удобрения в зависимости от соотношения азот: фосфор в вариантах с внесением навоза в опытах 2.21, 2.22 и 2.23. (1) Обозначение опыта и цикл. (2) Внесенный азот. (3) Внесенный фосфор. (4) Соотношение азот: фосфор. (5) Вынесенный урожаем фосфор. (6) Разница между внесенным фосфором и вынесенным урожаем. (7) Усвоение фосфора в %, А и В.

Табл. 7. Усвоение фосфорных удобрений в зависимости от соотношения азот: фосфор в вариантах с внесением минеральных удобрений в опытах 2.21, 2.22 и 2.23. Обозначения смотри в таблице № 6.

Рис. 1. Среднегодовая прибавка урожая в ц/га. 1. Контроль. 2. Навоз. 3. Половинная доза навоза + половинная доза минерального удобрения. 4. Минеральное удобрение.

Рис. 2. Усвоение фосфора в зависимости от соотношения азот: фосфор. 1. Навоз. 2. Минеральное удобрение. А = рассчитано по разности. В = рассчитано по методу баланса. r_M = Минеральное удобрение. r_1 = Навоз.